

基于实现矩阵的课程体系及课程教学改革控制模型构建

戴 波 刘建东 纪文刚 韩占生 刘红琳

【摘 要】 本文针对培养方案中课程体系的设计、整合和实现问题,将培养目标、实现方式和实施效果统一定义在实现矩阵中,对课程体系教学改革定义一级实现矩阵,对课程教学改革定义二级实现矩阵,以实现矩阵为系统变量,构建了基于实现矩阵的课程体系教学改革控制模型,建立了课程体系、课程教学改革定量和定性分析理论框架。模型从社会需求的能力目标出发,探索专业能力知识体系,实施能力导向的人才培养模式改革,构建了一套围绕能力培养目标、能有效落实专业培养标准的、操作性强的课程体系及课程教学改革设计、整合和实现方法。该模型在我校自动化专业和计算机科学与技术专业实施教育部“卓越工程师教育培养计划”试点工作中,进行了实际应用并取得了很好的效果。

【关 键 词】 培养模式 实现矩阵 课程体系 卓越工程师计划

【收稿日期】 2013 年 1 月

【作者简介】 戴波,北京石油化工学院信息工程学院院长、教授;刘建东,北京石油化工学院信息工程学院书记、教授;纪文刚,北京石油化工学院信息工程学院副院长、教授;韩占生,北京石油化工学院信息工程学院副校长、教授;刘红琳,北京石油化工学院信息工程学院规划处处长、副教授。

培养目标、专业标准、课程体系、课程教学是一个系统工程,解决不好这个问题,一方面会使人才培养目标不能得到全面落实,另一方面又往往使制定的某些专业标准脱离教学实践。所以,在当前国家实施“卓越工程师教育培养计划”阶段,急需构建一套围绕培养目标、能有效落实专业培养标准、操作性强的课程体系及课程教学改革方法。本文将培养目标(专业标准)、实现方式(课程体系、课程、教学环节、教学方法)和实施效果统一在一个矩阵中,提出了新的实现矩阵,定义这类矩阵为系统变量,构建了基于实现矩阵的课程体系教学改革控制模型,建立了课程体系、课程教学改革定量、定性分析理论框架和实际操作运行方法。

一、培养标准实现矩阵

学习产出是近年国外高等教育提出的表述学生完成学业时应具备的知识、能力、素质和人格的人才培养理念,其重要的方法之一是将课程学习与学习产出关联,美国工程技术认证委员会(A-BET)、职业发展委员会(APDC),英国高等教育质量保障局(QAA)、工程委员会(ECUK)等都将

学习产出作为工程专业认证的主要手段。美国高等教育评估范式已经从注重质量保障向关注学生学习产出结果转变^[1]。QAA 在专业规范编写指南中给出了一个剑桥大学工程专业学生学习产出模型,模型包括学生学习产出表、学习产出与教学方式方法表、学习产出与学生学习成果评价方法表,它提出好的专业培养计划应该清楚全面地回答三个问题:培养目标、教与学的方式方法、学生学习评价方法^[2]。文献^[3]针对电气工程专业人才培养方案的制订,依据学习产出模型,探索了课程设置优化、教学方法创新和教学考核改革的方法。学习产出模型给出了一个将培养目标、教学方法和学生评价相关联的很好的方法,但是其关联只是静态的,没有表示出教学过程动态的关联程度,所以其系统性、可操作性、有效性还有待进一步研究。

文献^[4]将工程能力概括为工程分析能力、资源集成能力、社会责任能力三个方面,将课程体系重构成专业课程、综合课程、工程通识课程三类,提出了相应三方面能力与三类课程的大类关系模

教育部卓越工程师教育培养计划试点专业资助项目。

型,在课程体系的结构方面初步探索了课程与工程能力的关系。文献^[5]将培养标准、细化标准、课程体系改革与重组、教学内容更新以及教学方法改革等工作汇总,形成了培养标准的实现矩阵,给出了一个将课程与专业培养标准相关联的很好的方法,但是该方法在教改实践中存在层次、分类不清晰,相互联系只是静态关联,没有表示动态效果等问题。文献^[6]提出了将工程能力目标与教学环节关联的能力实现矩阵,但其给出的教学环节、方法等实质上还是能力标准的细化,并没有深入分析对应能力标准的具体教学环节或教学方法。文献^[7]在实施课程教学改革中,建立了课程与专业培养目标的映射表,将课程的具体教学环节、教学方法、考核方法与培养目标与教学实施效果相关联,但是其关联的系统性和可操作性还有待深入研究。

文献^[8]对 ABET、欧洲工程教育专业认证体系(EUR—ACE)、日本技术者教育认定机构(JABEE)的工科毕业生素质、能力、知识要求采用多维尺度分析方法进行了分析,提出了 12 条工程类高素质人才基本要求大纲,并针对工程教育的两个主要利益相关者——产业界和学校——对大纲要素重要性的认识差异度进行了对比分析,探索了定性和定量相结合的教学改革分析方法。

综上所述,学习产出关注教学实施的效果,是引导教育教学改革的很有意义的发展方向,培养标准实现矩阵将培养目标与课程关联,是实施教育教学改革很好的方法,如果将两者结合,可探索综合考虑培养目标、实现方式和实施效果(学习产出)三方面因素的课程体系及课程教学改革方法。

假设将培养标准看作一维坐标,实现方式看作另一维坐标,则这两个坐标可构成一个二维空间,这个二维空间就是人才培养方案的设计空间,它关联了培养标准和实现方式,如果将学习产出再作为一个坐标加进去,则构成了三维空间,这个三维空间就是人才培养教学改革的实践空间,如图 1 所示。

制定专业培养方案就是构建设计空间,而落实专业培养方案就是在实践空间中追求学习产出最大值。这个实践空间可用矩阵形式表示,矩阵的行表示培养标准,矩阵的列表示实现方式,矩阵元素的值表示对某个培养标准、采用设计的实现方式所实施的效果,即学习产出,采用 5 级记分,这个矩阵就是培养标准实现矩阵,如图 2 所示,它

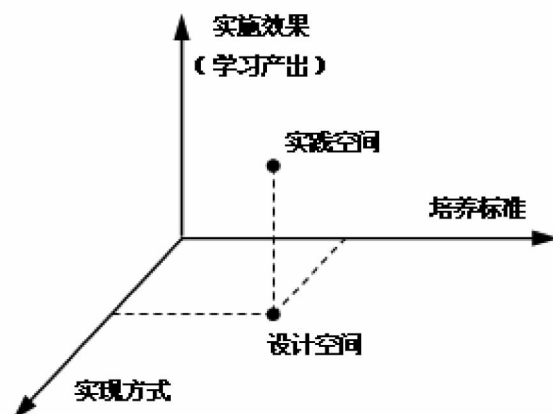


图 1 人才培养教学改革实践空间
不仅将培养标准与实现方式关联,而且表示了关联的实现程度。

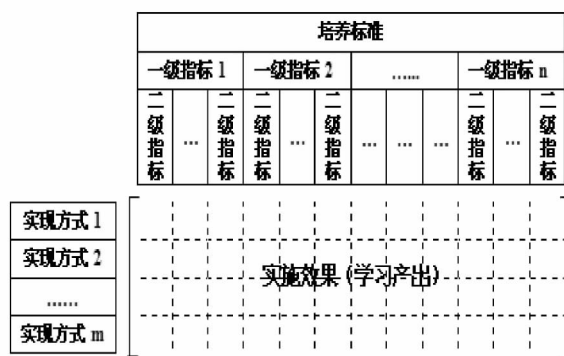


图 2 培养标准实现矩阵

通过对培养标准的深入研究,可建立由一级指标、二级指标等组成的培养标准大纲,对应不同层次的不同指标可采用不同的实现方式,不同层次的标准和实现方式就组合出了不同层次、不同类型的设计空间,这些设计空间可映射到实践空间,得到各类教学设计的实施效果,这个过程可由不同的实现矩阵表示,通过实现矩阵的运算可进行不同设计空间和实施空间的转换、组合、分解等,实现对各类教育教学改革实践的量化分析、设计、考核和评价,创新教育教学改革的思路和方法。

对应培养标准一级指标,可由课程模块、课程来实现,定义一级实现矩阵,如图 3 所示。一级实现矩阵清晰地显示出落实专业培养标准需要通过什么样的课程体系来实现,以及实现的效果,同时,清晰地显示出落实培养标准的某个一级指标需要通过哪些课程模块、课程来实现,以及实现的

效果,它为培养方案中的每门课程提出了具体的要求及目标。一级实现矩阵可用于描述课程体系的设计、整合、评价等各类教育教学改革实践。

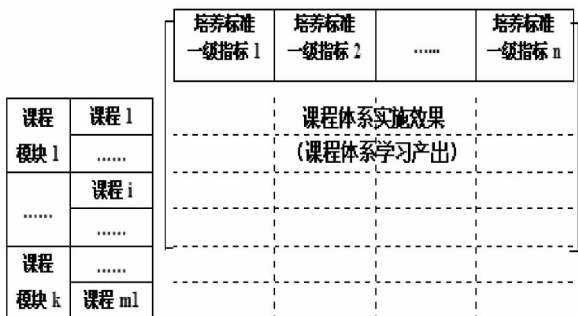


图 3 培养标准一级实现矩阵

对应培养标准二级指标,可由课程教学环节、教学方法来实现,定义二级实现矩阵,如图 4 所示。课程教学过程一般由理论教学、实践教学及考核三个环节组成。理论教学包含课堂讲课、实验室讲课、专题讨论、项目学习、组织自学等教学方式;实践教学包含个人实操、小组运作、企业实施、项目实践、自主实践等教学方式;考核环节包含笔试、操作、论文、答辩、开放性考核等方式。二级实现矩阵清晰地显示出落实课程培养目标需要通过哪些教学环节、教学方式来实现,以及教学的效果,课程负责人及任课教师可据此制定课程教学大纲,编写教学讲义或教材,完成课程教学方案设计,实施课程教学,评价课程教学效果。二级实现矩阵可用于描述课程教学的设计、整合、评价等各类教育教学改革实践。



图 4 培养标准二级实现矩阵

二、课程体系及课程教学改革控制模型

1. 控制模型结构。

培养标准实现矩阵揭示了不同层次、不同类型教学改革实践活动的基本规律,将其定义为基

本变量形式,采用系统工程和控制理论的思想,构建教育教学改革定量和定性分析理论框架,探索教育教学改革实践活动的特性、系统运行的规律和实际操作的方法,是一个具有重要理论价值和现实意义的研究课题。

课程整合和课程教学改革是一个系统工程,顶层设计的课程体系和课程教学大纲需要实践的检验,教学改革实践需要理论的指导。转变教育观念、创新教学模式、冲破传统习惯、克服现实阻力需要持续不断的改革,怎样保证持续不断的过程不偏离培养目标,又使教学改革的状态和效果不断地逼近培养目标,采用反馈控制模型就可通过不断的测量(评价)、反馈、调节、驱动教学改革,保证课程体系教学改革向着既定目标不断前进。

建立基于培养标准实现矩阵的课程体系及课程教学改革控制模型如图 5 所示。

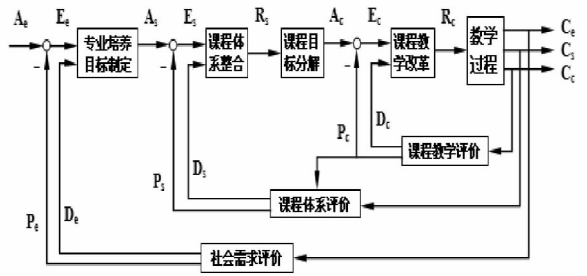


图 5 基于实现矩阵的课程体系及课程教学改革控制模型

变量说明:

m ——专业培养目标项数; m_1 ——课程体系目标项数; n_1 ——课程数; m_2 ——课程目标项数; n_2 ——教学方式项数。

A_e ——专业培养目标矩阵($1 \times m$); C_e ——专业培养目标产出矩阵($1 \times m$); P_e ——专业培养目标评价矩阵($1 \times m$); E_e ——专业培养目标偏差矩阵($1 \times m$); D_e ——专业培养目标评价差异矩阵($1 \times m$)。

A_s ——课程体系目标矩阵($1 \times m_1$); R_s ——课程体系目标实现矩阵($n_1 \times m_1$) (即培养标准一级实现矩阵); C_s ——课程体系目标产出矩阵($n_1 \times m_1$); P_s ——课程体系目标评价矩阵($1 \times m_1$); E_s ——课程体系目标偏差矩阵($1 \times m_1$); D_s ——课程体系目标评价差异矩阵($n_1 \times m_1$)。

A_c ——课程目标矩阵($1 \times m_2$); R_c ——课程目标实现矩阵($n_2 \times m_2$) (即培养标准二级实现矩阵); C_c ——课程目标产出矩阵($n_2 \times m_2$); P_c ——课程目标评价矩阵($1 \times m_2$); E_c ——课程目标偏差矩阵($1 \times m_2$); D_c ——课程目标评价差异矩阵($n_2 \times m_2$)。

模型由一个主线、三个控制回路、6类17个实现矩阵组成。一个主线是培养目标主线,该主线将专业培养目标分解落实到课程体系、课程、教学方法,并构建各层次培养目标实现矩阵,主线由培养目标、偏差、实现矩阵交替组成。三个控制回路是专业培养模式改革控制回路、课程体系改革控制回路和课程教学改革控制回路,控制回路在专业培养模式、课程体系、课程三个层次上实施教育教学改革,通过量化评价反馈驱动教学改革,使教学改革变得目标明确、可实施、可评价、可控制。六类实现矩阵是目标矩阵 A 、实现矩阵 R 、产出矩阵 C 、评价矩阵 P 、偏差矩阵 E 和评价差异矩阵 D ,它们都是基于培养标准实现矩阵的基本形式定义的,可进行分解运算、集合运算、统计运算等。

2. 控制回路分析。

(1) 专业培养模式改革控制回路。

由培养目标、实现矩阵主线和社会需求评价反馈等构成专业培养模式改革控制回路,如图6所示,这是一个探索人才培养模式的开放性的控制回路,其功能一是制定专业培养目标及标准,二是依据培养标准与社会需求评价的偏差驱动整个控制系统实现专业培养目标。

控制回路根据学校定位、专业定位、社会需求、教育资源条件等确定专业培养目标 A_e ,探索人才培养模式,制定课程体系培养目标(标准) A_s ,根据毕业生就业发展跟踪(建立毕业生数据库)、企业等用人单位评价、专业认证、各级教育管理部门评价等进行多元化的社会需求评价,用培养目标评价矩阵 P_e 测量(评价)专业培养目标的产出 C_e ,根据偏差矩阵 E_e 和多元社会需求评价差异矩阵 D_e 调整人才培养模式和课程体系培养标准,推动专业培养模式改革。

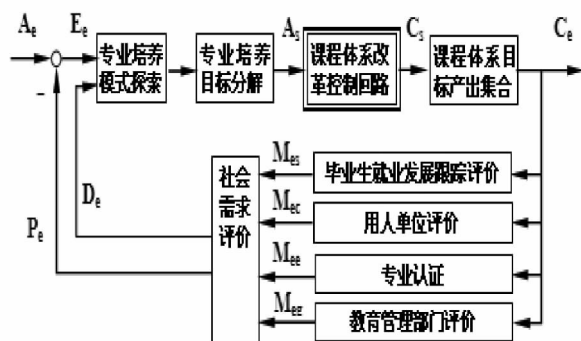


图6 专业培养模式改革控制回路

设专业培养多元评价权重系数为 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$

则专业培养目标评价矩阵 $P_e = [\alpha_1 M_{e1} + \alpha_2 M_{e2} + \alpha_3 M_{e3} + \alpha_4 M_{e4}] / 4$

专业培养目标评价差异矩阵 D_e 为 $D_{e1} = M_{e1} - M_{ec}, D_{e2} = M_{e2} - M_{ec}, D_{e3} = M_{e3} - M_{ec}, D_{e4} = M_{e4} - M_{ec}, D_{e5} = M_{ec} - M_{eg}, D_{e6} = M_{ec} - M_{eg}$

专业培养目标偏差矩阵 $E_e = A_e - P_e$

(2) 课程体系改革控制回路。

由专业培养目标、一级实现矩阵主线和课程体系评价反馈等构成课程体系改革控制回路,模型如图7所示。回路具有三个功能,一是构建培养标准一级实现矩阵,实施课程体系整合,制定专业培养方案;二是分解、制定课程培养目标(标准),驱动课程教学改革;三是评价一级实现矩阵,通过反馈控制不断深化落实课程改革。

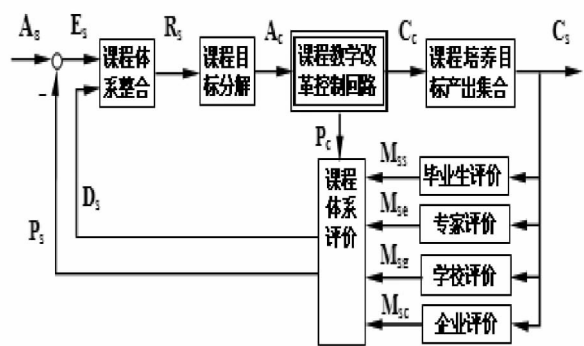


图7 课程体系改革控制回路

该控制回路根据专业培养模式改革控制回路确定的课程体系培养目标(标准) A_s ,探索课程体系结构、课程、教学内容等,构建一级实现矩阵 R_s ,整合课程体系,制定专业培养方案,分解制定课程教学培养目标(标准) A_c ,驱动课程教学改革控制回路,课程培养目标 C_c 的集合构成了课程体系目标产出 C_s ,采用毕业生、专家、学校、合作企业等多元化的评价方式测量课程体系目标产出,再综合课程目标评价集合,得到课程体系目标评价矩阵 P_s ,根据偏差矩阵 E_s 和多元化评价差异矩阵 D_s 调整一级实现矩阵 R_s ,进一步整合课程体系,修订专业培养方案,不断推动和落实课程体系教学改革。

设课程体系多元评价权重系数为 $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$

则课程体系目标测量矩阵 $M_{sr} = [\beta_1 M_{s1} + \beta_2 M_{s2} + \beta_3 M_{s3} + \beta_4 M_{s4}] / 4$

课程目标评价集合矩阵

$$M_{sc} = [1 \ 0 \ \cdots \ 0]_{1 \times n_1}^T \cdot P_{c1} + [0 \ 1 \ 0 \ \cdots \ 0]_{1 \times n_1}^T \cdot P_{c2} + \cdots + [0 \ 0 \ \cdots \ 0 \ 1]_{1 \times n_1}^T \cdot P_{cn1}$$

P_{ci} 是第 i 门课程的目标评价矩阵

按不同权重 β_5, β_6 综合各类评价矩阵 $M_s = [1 \ 1 \ \cdots \ 1]_{1 \times m_1} [\beta_5 m_{sr} + \beta_6 m_{sc}]$

课程体系目标评价矩阵

$$P_s = \left[\frac{M_s(1)}{b_1}, \frac{M_s(2)}{b_2}, \dots, \frac{M_s(m_1)}{b_{m_1}} \right]$$

令 b_i 为 $[\beta_5 M_{sr} + \beta_6 M_{sc}]$ 中第 i 列非零元素的个数

课程体系目标评价差异矩阵 D_s 为 $D_{s1} = M_{ss} - M_{se}, D_{s2} = M_{ss} - M_{sg}, D_{s3} = M_{ss} - M_{sc}, D_{s4} = M_{se} - M_{sg}, D_{s5} = M_{se} - M_{sc}, D_{s6} = M_{sg} - M_{sc}$

专业培养目标偏差矩阵 $E_s = A_s - P_s$

课程教学改革控制回路:由课程教学目标、二级实现矩阵主线和课程教学评价反馈等构成课程教学改革控制回路,模型如图 8 所示。回路具有三个功能,一是构建培养标准二级实现矩阵,实施课程教学改革;二是评价二级实现矩阵,通过反馈控制不断深化落实课程教学改革。

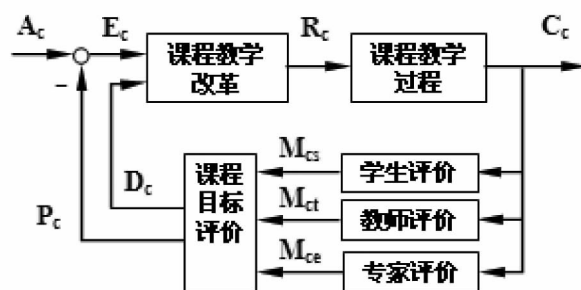


图 8 课程教学改革控制回路

该控制回路根据课程体系改革控制回路确定的课程教学目标(标准) A_c , 探索课程教学内容、教学环节、教学方法、教学手段等课程教学改革, 构建二级实现矩阵 R_c , 制定课程教学大纲, 实施课程教学改革, 采用学生、教师、专家等多元化的评价方式测量课程教学目标产出, 得到课程目标评价矩阵 P_c , 根据偏差矩阵 E_c 和多元化评价差异矩阵 D_c 调整二级实现矩阵 R_c , 修订课程教学大纲, 进一步调整课程教学, 不断推动和落实课程教学改革。

该控制回路是整个课程体系教学改革控制系统中最基础的控制, 也是工作量最大、最实在的控制, 是整个控制系统实施的关键, 其调节周期是三个控制回路中最短、见效最快的, 其效果的集合反过来又有力地推动课程体系、人才培养模式的改革。

设课程教学多元评价权重系数为 $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$, γ_4

则课程教学目标测量矩阵 $M_{cr} = [\gamma_1 M_{cs} + \gamma_2 M_{ct} + \gamma_3 M_{ce}] / 3$

$$M_c = [1 \ 1 \ \cdots \ 1]_{1 \times m_2} \cdot M_{cr}$$

课程教学目标评价集合矩阵

$$P_c = \left[\frac{M_c(1)}{b_2}, \frac{M_c(2)}{b_2}, \dots, \frac{M_c(m_2)}{b_{m_2}} \right]$$

令 b_i 为 M_{cr} 中第 i 列非零元素的个数

课程目标评价差异矩阵 D_c 为 $D_{c1} = M_{cs} - M_{ct}, D_{c2} = M_{cs} - M_{ce}, D_{c3} = M_{ct} - M_{ce}$

课程目标偏差矩阵 $E_c = A_c - P_c$

三、基于课程体系及课程教学改革控制模型的教学改革分析

通过对上面控制系统的分析, 可见实现矩阵 R 是教育工作者顶层设计的, 而评价矩阵 P 是对目标产出的测度, 对评价矩阵 P 进行深入分析, 就可有效的推动实现矩阵 R 的设计, 达到希望的目标产出。

1. 实现方式贡献度分析。

实现矩阵中, 实现方式对培养标准产出的贡献程度和有效性是评价实现方式最重要的指标, 通过对评价矩阵的分析, 定义贡献因子 f 和贡献率 v , 以描述实现方式对目标产出的贡献度, 对贡献度进行分析是优化实现矩阵、落实培养标准最重要的方法之一。

设目标权重矩阵为 $Q(1 \times m)$, 目标评价矩阵为 $P(1 \times m)$, 目标测量矩阵为 $M(n \times m)$, 则定义贡献因子 $f = P \cdot Q^T$, 贡献率 $v = M \cdot Q^T$ 。

对课程体系, 设课程体系目标权重矩阵为 Q_s , 课程体系贡献因子为 $f_{si} = P_{si} Q_s^T$, 课程体系贡献因子越大说明所设计的课程体系实现培养目标的程度越高。

课程贡献率矩阵为 $V_s = M_{sr} \cdot Q_s^T$, 归一化 $V_s = V_s / \sum_{i=1}^{n_1} V_s(i)$, 在归一的尺度下, 依据课程体系目标产出测量矩阵, 量化评价各课程对培养目标的贡献率, 分析课程贡献率分布情况, 淘汰、整合贡献率低的课程, 开发新课程, 强化贡献率高的课程, 集约贡献率矩阵相似的课程, 加强课程模块化建设, 提高课程体系改革的有效性和针对性。

对课程, 设课程目标权重矩阵为 Q_c , 课程贡献因子为 $f_{ci} = P_{ci} Q_c^T$, 课程贡献因子越大说明所设计的课程对培养目标的实现贡献越大。

教学方法贡献率矩阵为 $V_c = M_{cr} \cdot Q_c^T$, 归一

化 $V_c = V_c / \sum_{i=1}^{n_2} V_c(i)$, 在归一的尺度下, 依据课程目标产出测量矩阵, 量化评价各教学方法对培养目标的贡献率, 分析教学方法贡献率分布情况, 淘汰、调整贡献率低的教学方法, 强化贡献率高的教学方法, 集约贡献率矩阵相似的教学方法, 创新、开发新的教学方法, 提高课程教学改革的有效性和针对性。

2. 培养标准的指标权重分析。

专业培养标准是由一系列指标构成的, 这些指标的权重是不同的。权重可分为设定权重和评价权重, 设定权重是教育者按照自己的教育理念、培养目标以及对目标和指标体系的认识设定的权重, 它对应相应的指标; 但是被教育者对目标、指标体系、权重也有自己的认识, 通过对学习产出的测量, 可以得到被教育者对设定指标体系和设定权重的评价, 这个评价可称为评价权重。当设定权重和评价权重一致时, 教育就达到了最佳状态; 不一致时, 教育就需要改革, 相应的课程体系就需要整合, 课程教学就需要改进, 甚至指标体系和设定权重就需要调整。

课程体系目标权重矩阵 Q_c 和课程目标权重矩阵 Q_e 是设定权重, 评价权重可以通过目标测量矩阵得到。

课程体系目标评价权重矩阵 $Q_{sp} = M_{sr} / \sum_{j=1}^{m_1} M_{sr}(j)$

课程目标评价权重矩阵 $Q_{ep} = M_{cr} / \sum_{j=1}^{m_2} M_{cr}(j)$

对课程体系或课程, 在归一的尺度下, 计算评价权重矩阵, 就可比较设定权重和评价权重的差异, 研究目标设定、目标分解、指标体系的合理性、科学性, 研究顶层设计与教学改革实践的差异性, 对权重过低的指标进行调整, 对权重过高的指标进行分析, 合理设定权重, 均衡化指标的权重, 使教学设计、教学安排处于一个科学、合理的时效密度状态。

3. 培养标准与实现方式的相关性分析。

课程目标测量矩阵 M_{cr} 和课程评价矩阵 M_{cs} , M_{ct} , M_{ce} 实际上是课程目标与课程教学方法的评价相关性矩阵, 由于评价主体、环境、条件等因素, 在评价的实际操作过程中存在不确定性, 因此引入评价不确定概率, 采用统计方法对相关性矩阵进行相关性分析, 可优化课程教学方法选择, 通过聚类分析可优化课程教学环节设置。

同理, 课程体系目标测量矩阵 M_{sr} 、课程目标

评价集合矩阵 M_{sc} 和课程体系评价矩阵 M_{ss} , M_{se} , M_{sg} , M_{sc} 也是课程体系目标与课程的评价相关性矩阵, 对其进行相关性分析可优化课程和课程模块设置, 加强课程整合和课程建设。

4. 评价矩阵差异性分析。

(1) 课程教学评价差异性分析。

由于评价主体的多元化, 课程评价矩阵 M_{cs} , M_{ct} , M_{ce} 必定存在差异性, 简单地说学生评价可能悲观一些, 教师评价可能乐观一些, 专家评价可能客观一些, 但是可能不深入。课程教学改革控制回路的目标之一就是不断调节减小评价矩阵的差异性, 当这个差异保持在一个较低的水平时, 课程建设就达到一个较优良的程度。

要减少差异性首先要明确差异有多大, 以及差异双方的关系。在分析清楚差异方关系的基础上, 对整体性的差异和差异大的元素, 在课程教学改革中有针对性的采取措施, 逐步减小差异, 是加强课程建设的一个好方法。

整体性差异可通过计算两个矩阵之间的距离来表征, 两个矩阵的距离可定义为矩阵差的 F 范数, 如教师评价矩阵 M_{ct} 与学生评价矩阵 M_{cs} 的距离定义如下:

$$\begin{aligned} d(M_{ct} | M_{cs}) &= \| M_{ct} - M_{cs} \| = \| D_{cts} \| \\ &= (tr(D_{cts}^T \cdot D_{cts}))^{1/2} = \left(\sum_{i=1}^{n_2} \sum_{j=1}^{m_2} D_{cts}^2(i, j) \right)^{1/2} \end{aligned}$$

通过计算不同评价矩阵之间的距离, 分析不同评价主体在评价时的整体差异性, 研究评价主体之间的关系, 如是否存在固定偏差, 偏差与评价主体的立场、行为的关系, 教师的固定偏差与其教育理念、师德的关系, 学生的固定偏差与其学习态度、方法、成长过程的关系, 专家的固定偏差与其评价方法、教育理念的关系等等。这些分析可促使我们在整合课程、设计课程大纲、实施课程教学中, 有意识的避免偏差、特别是大的固定的偏差, 有针对性地进行课程教学改革。

评价元素的差异性由评价差异性矩阵 D_{cts} , D_{cte} , D_{ces} 直接表征。通过分析评价元素的差异, 可直接分析不同评价主体对某一具体教学方法在达到某一培养目标时其作用的不同评价, 目标明确地促进某一教学方法的改革, 特别是对差异性大的元素要倍加关注, 这就是课程教学改革的关键点和难点, 改革的方向就是减小差异性。

(2) 课程体系教学评价差异性分析。

与课程教学评价的差异性分析类似, 但是评

价主体除了毕业生、专家、学校、企业之外,多了一个课程教学改革控制回路的评价 M_{sc} ,这个评价是由课程目标评价集合得到的,它对课程体系的评价是间接性评价,但它又是从具体的教学方法、课程目标评价而来的,是最实际的,因而 M_{sc} 又是相对比较客观的评价,所以在课程体系教学评价差异性分析中可引入主观性、客观性因素,采用群决策理论和聚类分析,对课程体系的整体及元素(对应课程)的差异性进行深入的分析,有效促进课程体系整合、课程模块和课程设置的教育教学改革。

四、基于课程体系及课程教学改革控制模型的教学改革实践

我校自动化专业和计算机科学与技术专业是教育部“卓越工程师教育培养计划”第一批试点专业。实施改革中,将培养目标分为类型目标、专业目标 and 能力目标。根据学校定位、专业定位、社会需求、教育资源条件等确定专业培养类型目标为应用型后备工程师,从专业定位、行业发展、毕业生就业跟踪调查等分析,将自动化专业目标确定为系统工程师,计算机科学与技术专业目标确定为软件工程师,专业培养目标 $A_c = [$ 应用型,自动化系统工程师 $]$ 。为实现应用型自动化系统后备工程师(应用型软件后备工程师)培养目标,实施了基于教学改革控制模型的培养模式改革、课程体系整合和课程教学改革。

1. 专业培养模式教学改革实践。

根据专业培养模式改革控制回路,通过社会需求分析,探索培养模式,确定课程体系的培养目标。

社会需求的是大学生的工作能力,怎样使具有完备学科知识体系的学生具有较强工作能力成为教育教学改革的难点,大力加强实践教学就是为解决这个问题,但是即使是解决了这个问题,学科知识体系培养的学生还是学术研究型人才,而不是工程应用型人才,问题的关键是现行的培养模式在培养目标、知识体系、培养过程等方面与社会需求之间出现了较大的偏差。解决的办法只有突破学科导向培养模式,从确定能力目标出发,探索能力导向培养模式。

能力目标可分为一般性工程能力目标和专业能力目标。在综合分析类型目标、专业目标、各类企业人力资源管理要求、毕业生就业发展情况,教育部教指委专业标准、各级教育管理部门政策、

CDIO 大纲和美国 ABET 工程专业认证标准基础上,确定十项一般性工程能力目标。通过对毕业生调查、学科专业分析、行业分析、各类典型专业人士成长分析等,确定七项自动化专业能力目标。这 17 项能力目标就是能力导向培养模式下的培养标准,即相应的课程体系培养目标,课程体系培养目标矩阵 A_s 如下式。

$A_s = [$ 工程推理(识别、建模、求解)能力,综合运用技术、技能和现代工程工具解决工程问题的能力,进行实验并探寻知识的能力,系统思维能力,创造性和批判性思维能力,对职业道德、伦理和责任的正确认知,对终身学习的正确认识和学习能力,团队组织、协调、融合能力,有效的人际交流、沟通、表达能力,工程问题对全球、经济、环境、社会的影响及有关当代问题的认识,数学、自然科学和工程学知识的应用能力,电子系统综合设计能力,工业控制计算机编程能力,自动控制系统分析及设计能力,数字仿真能力,自动控制系统设计能力,自动控制系统安装调试运行维护能力,企业实践能力 $]$

2. 课程体系整合教学改革实践。

从能力知识体系出发构建以工程能力目标培养为导向的课程体系,可采用基于一级实现矩阵的课程体系改革控制系统。由课程体系培养目标矩阵 A_s 、课程模块(课程)、实施效果构建一级实现矩阵 R_s ,用于描述和驱动课程体系整合,如表 1 所示,实现矩阵 R_s 按 5 分设计。一级实现矩阵对每门课程提出了具体的要求及目标,可进一步细化出课程目标,驱动课程教学改革,改革初期可先设定课程目标为上述的 17 项能力目标,即设定课程目标矩阵 $A_c = A_s$ 。评价矩阵 M_{ss} 、 M_{sc} 、 M_{sg} 、 M_{sc} 、 P_s 按 5 分评价。

为实现应用型人才培养模式,各校普遍采用校企合作、加大实践教学比重等方法。从校企合作工程教育角度分析,现行的课程体系是学校校内课程加企业实习的两段式课程体系,这两段在责任主体、组织结构、运行体制、课程目标、教学安排、实习内容等方面都存在很大的不同,这就使学校课程到企业实习存在一个鸿沟,学生教师跨越困难,学校企业安排困难,课程体系的培养效果当然不理想。为实现工程能力培养目标,就需要在这个鸿沟上架起一座坚实的桥梁,这个桥梁就是校企合作工程实践课程,该类课程的责任主体是学校,但必须通过校企合作实施。

表 1 一级实现矩阵 R_s

		课程体系目标矩阵 A_s																	
		一般性工程能力素质培养目标										自动化专业能力素质培养目标							
课程模块	课程	工程推理（识别、建模、求解）能力	综合运用技术、性能 and 现代工程工具解决问题的能力	进行实验并寻找知识的能力	系统思维能力	创造性和批判性思维能力	职业道德和负责任的认识	对终身学习的正确认识和 学习能力	团队协作、协调、融合能力	有效的人际交流、沟通、表达能力	工程问题对全球、经济、环境、社会的影响及有关问题的认识	数学、自然科学和工程知识应用能力	电子系统综合设计能力	工业控制计算机编程能力	自动控制系统分析及数字仿真能力	自动控制系统设计及产品集成能力	自动控制系统安装调试运行维护能力	企业实践能力	
课程体系课程	...																		
	电类基础模块	电路分析	5	5	5						5		5						
		模拟电子技术	5	5	5						5		5						
		数字电子技术	5	5	5						5		5						
		电子系统工程设计（I）（II）	5	5	5				5	5	5		5						
	...																		
	控制工程模块	计算机过程控制工程 A	5	5	5	5					5						5	5	5
		计算机过程控制工程 B		5	5	5				5	5						5	5	5
		控制系统运行及维护		5	5	5				5	5						5	5	5
		仪表技术实验		5	5	5				5	5						5	5	5
过程装置实习			5	5	5				5	5						5	5	5	
...																			

表 2 部分课程目标评价集合矩阵 M_{sc}

课程名称	工程推理(识别、建模、求解)能力	综合运用技术和现代工程工具解决问题的能力	进行实验并探索知识的能力	系统思维能力	创造性和批判性思维能力	对职业道德和责任的正确认识	对终身学习的正确认识和在学习能力	团队协作、协调、融合能力	有效的人际交流、沟通、表达能力	工程问题对全球、经济、环境、社会的影响及有关问题的认识	数学、自然科学和工程知识应用能力	电子系统综合设计能力	工业控制计算机编程能力	自动控制系统分析及数字仿真能力	自动控制系统设计产品集成能力	自动控制系统安装调试运行维护能力	企业实践能力
计算机基础及技能训练	4.48	4.44	4.36	4.4	4.39	4.43	4.39		4.44		4.40						
电路分析 A	3.16	3.99	2.95	3.9	4.04	4.38	4.1	4.3	4.02		3.035	4.1					
《电子工程设计》(一)	3.98	3.88	3.76	3.9	3.57	3.78	3.63	3.7	3.55	3.38	3.91	3.7					
《电子工程设计》(二)	3.95	3.81	3.75	3.8	3.48	3.78	3.79	3.7	3.63	3.12	3.73	3.9	3.69				
自动控制原理 A	4.21	4.14	4.2	4.2				4.2			4.21			4.15			
控制系统综合设计	4.21	4.09	4.1	4.1							4.17		4.15	4.09			
微机原理及接口技术	4.51	4.36	4.3	4.4	4.36	4.27		4.3	4.45			4.4	4.34			3.24	
自动化专业概论				4.2	4.18	4.30	4.26	4.3	4.22	4.24							
仪表技术专业实习		4.57	4.65	4.6	4.65	4.46	4.62	4.6	4.61	4.62	4.58	4.7		2.39	4.52	4.47	4.58
先进控制技术	4.19	4.13	4.28	4.1			4.25			4.22	4.15		4.09	4.24	4.18		
DSC、PLC、FCS 原理与应用 B	4.24	4.09	4.19	4.1				4.1	4.14			4.2	4.12		4.12	4.07	
计算机过程控制工程 A	3.84	3.84	3.86	3.8	3.75		3.83	3.9	3.92		3.81		3.83	3.85	3.88	3.82	
计算机过程控制工程 B	4.25	4.29	4.33	4.3				4.3	4.29	4.25	4.21	4.2	4.3		4.28	4.20	4.28
过程装置专业实习		4.38	4.47	4.5				4.4	4.4					0.52	4.34	4.40	4.39
过程控制系统运行及维护		4.35	4.54	4.4				4.4	4.46				4.49	4.46	4.36	4.44	4.46

为此我校自动化专业构建了学校校内课程、校企合作工程实践课程和企业实习的三段式课程体系。校内课程突出核心工程基础知识和能力培养;校企合作工程实践课程突出高级工程技术知识和能力培养;企业实习突出社会实践知识和能力培养。我校自动化专业通过与燕山石化公司等企业开展深度校企合作,重点打造、落实了校企合作工程实践课程。

这个三段式课程体系已实施,学生已完成 1 个完整的培养周期,部分课程目标学生评价矩阵 P_c ,课程目标评价集合矩阵 M_{sc} 如表 2。

3. 课程教学改革实践。

在课程目标矩阵 A_c 的驱动下,采用基于二级实现矩阵的课程教学改革控制系统,实施课程教学改革,由课程目标矩阵 A_c 、课程教学环节(教学方式)、教学实施效果构建二级实现矩阵 R_c ,

表 3 《计算机过程控制工程 B》课程学生评价矩阵 M_{cs}

		《计算机过程控制工程 B》课程教学效果评价矩阵																
教学环节	教学方法	一般性工程能力素质培养目标									自动化专业能力素质培养目标							
		工程推理(识别、建模、求解)能力	综合运用技术和现代工程工具解决问题的能力	进行实验并探索知识的能力	系统思维能力	创造性和批判性思维能力	对职业道德和责任的正确认识	对终身学习的正确认识和自学能力	团队协作、沟通能力	有效的交流、表达能力	工程问题对全球、经济、环境、社会及有关当代问题的认识	数学、自然科学和工程知识的应用能力	电子系统综合能力	工业控制计算机编程能力	自动控制系统分析及数字仿真能力	自动控制系统设计及产品集成能力	自动控制系统安装调试运行维护能力	企业实践能力
理论教学	课堂讲课	4.36	4.28	4.42	4.11				4.42	4.39	4.25			4.28		4.25		
	实验室讲课																	
	专题讨论	4	4.39	4.25	4.22				4.28	4.33				4.36		4.36		
	项目学习	4.25	4.22	4.17	4.20				4.39	4.25				4.39		4.25	4.33	4.42
	组织自学																	
实践教学																		
	个人实操	4.36	4.33	4.39	4.28				4.44	4.39				4.44		4.31	4.22	4.28
	小组动作	4.31	4.25	4.5	4.31				4.28	4.06				4.47		4.28	4.19	4.22
	企业实践																	
	项目实践																	
	自动实践																	
																		
考核	笔试	4.25	4.19		4.31							4.14	4.06	4.06		4.28		
	操作	4.19	4.33	4.25	4.44				4.19	4.31		4.28	4.33	4.08		4.25	4.03	4.19
	答辩																	
	论文																	
	开放性考核																	
单项能力目标综合实现程度		4.25	4.29	4.33	4.27				4.33	4.29	4.25	4.21	4.19	4.30		4.28	4.19	4.28
参评人数		36							对本课程能力目标综合实现程度的总体评价：									4.27

说明:能力目标实现程度:5:很好,4:好,3:较好,2:一般,1:差

用于描述和驱动课程教学整合,实现矩阵 R_c 。按 5 分设计,评价矩阵 M_{cs} 、 M_{ct} 、 M_{ce} 、 P_c 按 5 分评价。对全部课程,教学改革实践已完成一个周期,取得了很好的效果。部分数据如“计算机过程控制工程 B”课程学生评价矩阵 M_{cs} 如表 3 所示,根据这些数据及评估矩阵可促进课程教学改革。

五、结论

教育教学改革是一个系统工程,涉及方方面面,既有设计问题,又有实现问题。本文以系统工程和控制理论的思想深入研究了课程体系教学改革的理论和实践问题,以培养目标、实现方式和实施效果为坐标,将教育教学改革问题定义在一个三维空间上,定义实现矩阵为系统变量,对课程体系教学改革系统定义一级实现矩阵,对课程教学改革系统定义二级实现矩阵,构建了基于实现矩阵的课程体系教学改革控制模型,建立了课程体系、课程教学改革定量和定性分析理论框架和实际操作运行方法。该模型在我校自动化专业和计算机科学与技术专业实施教育部“卓越工程师教育培养计划”试点工作中,进行了实际应用,取得了很好的效果。模型从社会需求的能力目标出发,探索专业能力知识体系,实施能力导向的人才培养模式改革,构建了一套基于一级、二级实现矩

阵、围绕能力培养目标、能有效落实专业培养标准的、操作性强的课程体系及课程教学改革设计和实现方法。

本文构建的课程体系和课程教学改革定量和定性分析理论框架还有大量的问题需要进一步研究,如在设计空间和实施空间中实现矩阵的变量形式,转换、集合、分解、统计等运算方式,控制模型的结构、参数特性,各类教育教学改革实践的数据分析等。采用定量的方式,从理论上对教育教学改革的设计和实现问题进行深入研究,具有重要的理论价值和现实意义。

参 考 文 献

[1] 孙超:《对美国大学生学习产出研究的反思》,《高教发展与评估》2009 年第 6 期。
[2] 毕家驹:《高校专业培养计划设计》,《比较教育研究》2006 年第 1 期。
[3] 窦晓波、黄学良、胡敏强:《以“学习产出”理念制订电气工程专业人才培养方案》,《电气电子教学学报》2010 年增刊。
[4] 叶飞帆:《本科工程教育的能力与课程关系模型及其应用》,《高等工程教育研究》2009 年第 1 期。
[5] 林健:《“卓越工程师教育培养计划”专业培养方案再研究》,《高等工程教育研究》2011 年第 4 期。
[6] 刘晓君等:《提高大学生可持续发展能力的探索与实践》,《中

国大学教学》2011 年第 2 期。

[7] 戴波等:《以工程能力培养为主线建构专业人才培养模式》,《高等工程教育研究》2011 年第 6 期。

[8] 徐斌等:《工程类高素质人才基本要求大纲的提出与初步研究》,《中国大学教学》2011 年第 9 期。

Construction of Curriculum System and Curriculum Teaching Reform Control Models based on Realization Matrixes

Dai bo, Liu jiandong, Ji wengang, Han zhansheng, Liu honglin

This paper, which targets the issues of curriculum system design, integration, and realization in the cultivation program, has constructed a curriculum system teaching reform control model based on realization matrixes by defining the curriculum system teaching reform as the primary realization matrix, the curriculum teaching reform as the secondary realization matrix, and by taking the realization matrixes as the system variables, uniformly defining cultivation goals, realization modes, and implementation results within the realization matrixes. The model, starting from the socially demanded ability goals, explores the professional capabilities and knowledge system, carrying out the reformation of ability-oriented talents' cultivation model, and thus constructing a set of feasible curriculum system and curriculum teaching reform design, integration, and realization methods, targeting ability cultivation goals that can effectively fulfilling the professional cultivation standards. This model has achieved excellent results and found its practical use in the pilot work of our school's automation major and computer sciences and technology major, all within the plan for educating and training outstanding engineers(PETOE) initiated by the Ministry of Education.

(上接第 127 页) 总之,通过专业结构调整、专业内外部环境构建、专业质量建设等人为协调、干预和控制,不断净化完善浙江省海洋类专业生态系统,协调各专业主体之间、专业与周围环境间的关系,使海洋类专业学生能够在优质生态的环境中得到最佳发展,最终满足海洋强国建设对海洋类人才的需要。

引 注

①④ 数据来源:浙江省教育厅门户网站。

② 数据来源:由各相关高校招生部门提供。

③ 数据来源:由浙江海洋学院教务部门提供。

参 考 文 献

- [1] 贺祖斌:《高等教育生态论》,广西师范大学出版社 2005 年版,序第 2 页。
- [2] 《台湾海洋教育政策白皮书》,2007 年,第 19 页。
- [3] 杨同毅:《高等学校人才培养质量的生态学解析》,华中科技大学博士论文,2010 年,第 110 页。
- [4] 邱均平:《中国大学及学科专业评价报告 2012—2013》,科学出版社 2012 年版,第 92 页。

A Research on the Development of Ocean Related Majors in Universities from the Perspective of Ecology

Lin Jing

The development of ocean science education in universities is indispensable to the building of a nation with powerful marine economy. This paper analyzes certain existed issues in the development of ocean related majors in universities of Zhejiang province. With all the majors viewed as an ecosystem, it makes a detailed research on the structural ecology, environmental ecology and quality ecology of the ocean related majors.